

中国と日本の中学生の理科の成績と理解の特徴

隅 田 学・熊 谷 隆 至

(愛媛大学教育学部理科教育講座)

菊 地 博 明・高 橋 進・小 池 達 士

(愛媛大学教育学部附属中学校)

(平成15年5月22日受理)

Junior High School Student's Science Achievement and The Characteristics of Their Understanding Science in China and Japan

Manabu SUMIDA, Takashi KUMAGAI, Hiroaki KIKUCHI,
Susumu TAKAHASHI and Tatsushi KOIKE

1. はじめに

「理科離れ」や「学力」に関する議論は、「国際平均」や「日本の子ども」のような大きな視点で議論されることは多いが、地域単位や学校単位あるいはクラス単位といったような、具体的でローカルな視点で議論されることは少ない。日本の中学生の理科の成績は、国際平均と比べて高い位置にあることが報告されているが(国立教育研究所, 2000), 例えば愛媛大学教育学部附属中学校の中学生の成績が具体的に国際平均と比較されるような事例は見あたらない。またアジアに目を向けてみると、隣国の中国は、近年急激な経済成長を遂げており、その国の児童・生徒の科学理解の実態に世界的な関心が高まっているにも関わらず、彼らの理科の成績に関する国際データは公表されていない。

日本の児童・生徒の科学理解の特徴として、彼らの理科の成績が高いことと併行して、課題に対する正答率は高くとも、学年進行に伴い、自分の回答に対する自信がなくなっていくことが報告されている(Sumida, 2002)。こうした理解の特徴は、日本が歴史的、文化的、社会的に大きく影響を受けてきた中国の児童・生徒にも当てはまるのだろうか。本研究では、大学間協定を結んでいる愛媛大学教育学部と遼寧師範大学のそれぞれの附属中学校の2年生を対象に、国際的な数学・理科調査に使われている課題を用いて、彼らの理科の成績と理解の特徴を検討することを試みた。

2. 対象と方法

(1) 調査対象

本研究では、遼寧師範大学附属中学校（以後、中国と呼称する）と愛媛大学教育学部附属中学校（以後、日本と呼称する）に所属する中学生それぞれ140名の合計280名が調査に参加した。その内訳を表1に示す。参加者は全て中学校第2学年の生徒で、各学校共に4クラスを対象とした。なお、本調査では、表1に示しているように、対象を二つの回答群に分けて調査を行っている。その詳細は後であらためて述べる。

表1. 調査対象の内訳

対象国	回答群	性別	参加者数	計
中国	減点指示あり	男子	39	71
		女子	32	
	減点指示なし	男子	32	69
		女子	37	
日本	減点指示あり	男子	34	68
		女子	34	
	減点指示なし	男子	36	72
		女子	36	

(2) 調査課題

本研究では、TIMSS（第3回国際数学・理科教育調査）（国立教育研究所，2000）で採用されている課題の一部を使用して、調査課題が作成されている。課題の構成と各項目における日本の中学2年生の平均正答率をまとめたものが表2である。

本研究では、TIMSS 調査課題の中から、多肢選択式の回答形式で、日本の中学2年生における平均正答率が40%以上60%未満の問題より10題を抽出して採用した。TIMSS 国内中間報告書（国立教育研究所，2000）では、被験者の正答率が80%以上の問題、60%以上80%未満の問題、40%以上60%未満の問題、20%以上40%未満の問題、そして20%未満の問題の5種類に分類して分析を行っている。本研究で、多肢選択式の回答形式で正答率が40%以上60%未満の

表2. 調査課題の構成とTIMSS 日本平均正答率

課題番号	課題内容	学習分野・領域	正答の選択肢番号	TIMSS 日本平均正答率*
6(1)	リングへの重力	1分野・物理	4	57.4
6(2)	湯とふたの膨張	1分野・物理	4	52.9
6(3)	化学変化の例	1分野・化学	3	58.3
6(4)	蛇と鳥の活動	2分野・生物	4	49.7
6(5)	植物の栄養	2分野・生物	2	41.7
6(6)	水の循環	2分野・地学	2	54.1
6(7)	地殻の変動	2分野・地学	3	45.2
6(8)	化石燃料	2分野・地学	4	53.3
6(9)	空気の組成	2分野・地学	1	52.5
6(10)	昼夜の出現	2分野・地学	1	54.1

* 国立教育研究所（2000）データ

課題を採用した理由には、分析における言語の障害を少なくすること、そして両国間で回答傾向の共通点や差異点を感度良く測定することが挙げられる。

なお、10項目から構成される本調査課題については、先述のように、二つの回答群が設定されている。ここでは、調査課題冒頭の「ここは各問10点の100点満点です。」という共通の説明に続き、「誤答の場合は1問につき10点の減点になります。例えば全問誤答の場合は-100点です。ただし無回答は減点ではありませんから、わからない問題や自信がない問題は回答しなくてもかまいません。」という「減点指示」のある課題群とそうした指示のない課題群が設定されている。両回答群共に課題そのものは全て共通である。前者を「減点指示あり」群、後者を「減点指示なし」群と呼称し、後に各回答群間で比較、分析を行う。

(3) 方法

調査方法は、多肢選択式の質問紙形式で実施した。二種類の調査用紙は、配布時に完全に交互に手渡された。そのため、各クラスにおいて、ほぼ同数の者がそれぞれの回答群の調査用紙に回答したことになる。調査は、無記名で、各参加者のペースで回答し、調査用紙はその場で回収された。調査時間は、熊谷ほか(印刷中)と隅田ほか(印刷中)の調査とあわせて約30分であった。調査時期は、両国共に、2002年12月である。中国での調査については、日本語で作成した調査課題を中国語に翻訳し、相手側研究者のチェックを受けた後、中国語版で実施した。日本語版・中国語版の各調査課題は、資料として添付している。

3. 結果と考察

課題6(1)から課題6(10)までについて、回答指示群別・国別にそれぞれ正答率をまとめて表にしたものが下の表3から表12である。なお、各国において男女間でその回答傾向にほとんど違いが見られなかったため、下表は全て男女込みで整理されている。そして、減点指示あり群の中国の生徒たちの正答率と日本の生徒たちの正答率というように、課題別・回答指示群別に両国間で正答率の違いについて²検定を行い、その結果を記号で示している。同時に、各国別に、減点指示のあった群と減点指示のなかった群との間で正答率の違いについて²検定を行い、その結果も表中に示している。なお、記号・は有意水準0.01の有意差を、>・<は有意水準0.05の有意差を示す。

まず、「減点指示なし」群の生徒たちの正答率について見てみる。中国(遼寧師範大学附属中学校)の生徒の正答率は、問6(1)、問6(3)、問6(4)、問6(7)、問6(8)の五つの課題において、TIMSS日本平均正答率を上回った。そして、問6(3)、問6(5)、問6(8)の三つの課題については、遼寧師範大学附属中学生の正答率が、愛媛大学教育学部附属中学生の正答率よりも有意に高かった。愛媛大学教育学部附属中学校の生徒の正答率は、問6(1)、問6(2)、問6(3)、問6(4)、問6(6)、問6(7)、問6(8)、問6(9)の八つの課題において、TIMSS日本平均正答率を上回った。そして、問6(1)、問6(4)、問6(6)の三つの課題については、愛媛大学教育学部附属中学生の正答率が、遼寧師範大学附属中学生の正答率よりも有意に高かった。TIMSSの日本平均正答率は、国際平均正答率よりもかなり高いことをあわせて考えると、今回の調査に参加した両国の中学生の理科の成績は、国際的にかなり上位に位置すると思われる。

表3．問6(1)に対する回答指示群別国別正答率(%)

	減点指示なし		減点指示あり
中国	75.4(52)		74.5(53)
日本	95.8(69)	>	85.3(58)

()内は人数

表5．問6(3)に対する回答指示群別国別正答率(%)

	減点指示なし		減点指示あり
中国	97.1(67)		95.8(68)
日本	77.8(56)		67.5(46)

()内は人数

表7．問6(5)に対する回答指示群別国別正答率(%)

	減点指示なし		減点指示あり
中国	42.0(29)		56.3(40)
日本	23.5(17)	v	17.5(12)

()内は人数

表9．問6(7)に対する回答指示群別国別正答率(%)

	減点指示なし		減点指示あり
中国	68.1(47)		69.0(49)
日本	61.1(44)	v	50.0(34)

()内は人数

表11．問6(9)に対する回答指示群別国別正答率(%)

	減点指示なし		減点指示あり
中国	0.0(0)		0.0(0)
日本	98.5(71)		97.1(66)

()内は人数

表4．問6(2)に対する回答指示群別国別正答率(%)

	減点指示なし		減点指示あり
中国	50.7(35)		56.3(40)
日本	58.3(42)		42.5(29)

()内は人数

表6．問6(4)に対する回答指示群別国別正答率(%)

	減点指示なし		減点指示あり
中国	59.4(41)		69.5(49)
日本	79.2(57)	^	69.1(47)

()内は人数

表8．問6(6)に対する回答指示群別国別正答率(%)

	減点指示なし		減点指示あり
中国	39.1(27)		38.0(27)
日本	77.8(56)		42.5(29)

()内は人数

表10．問6(8)に対する回答指示群別国別正答率(%)

	減点指示なし		減点指示あり
中国	91.3(63)		87.3(62)
日本	62.5(45)		36.8(25)

()内は人数

表12．問6(10)に対する回答指示群別国別正答率(%)

	減点指示なし		減点指示あり
中国	49.3(34)		52.1(37)
日本	50.0(36)		42.5(29)

()内は人数

次に、「減点指示あり」群の生徒たちの正答率について見てみると、遼寧師範大学附属中学生の場合、問6(1)、問6(2)、問6(3)、問6(4)、問6(5)、問6(7)、問6(8)の七つの課題でTIMSS日本平均正答率を上回る正答率を示した。そして、問6(3)、問6(5)、問6(7)、問6(8)の四つの課題で、遼寧師範大学附属中学生の正答率は、愛媛大学教育学部附属中学生の正答率よりも有意に高かった。愛媛大学教育学部附属校の「減点指示あり」群の中学生の正答率は、問6(1)、問6(3)、問6(4)、問6(7)、問6(9)の五つの課題でTIMSS日本平均正答率を上回った。ただし、「減点指示あり」群の場合、愛媛大学教育学部附属中学生の正答率が遼寧師範大学附属中学生の正答率よりも有意に高い課題は見られなかった。つまり、「減点指示」の有無は、愛媛大学教育学部の中学生の正答率に大きな影響を与え

ており、10課題全てにおいて、「減点指示あり」群の正答率は、「減点指示なし」群の正答率を下回った。特に問6(1)、問6(6)、問6(8)の三つの課題については、「減点指示あり」群の正答率が、「減点指示なし」群の正答率に比べて有意に低かった。それに対して、遼寧師範大学附属中学生の場合、全課題を通して、回答指示群間で正答率に有意な違いは見られなかった。

4. 全体的考察

まず、今回調査対象となった、中国の遼寧師範大学附属中学校及び日本の愛媛大学教育学部附属中学校の2年生の理科の成績は、いずれも国際的にかなり高いレベルにあることが想定される。ここでは、世界的に上位に位置する日本の中学生の平均正答率を上回る課題が多数見られた。今回は、TIMSS(第3回国際数学・理科教育調査)の課題から10題を抽出して、調査を行ったが、これらの課題の内容が、各国の現在の理科カリキュラムとどのように対応しているかについて、調査前に確認できなかった。特に、各国の被験者において、目立って正答率が低い一部の課題については、その内容に関して、彼らに学習経験があるかどうかをまず確認する必要がある。そして、各国の生徒たちの学習履歴を考慮しながら、あらためて国際比較可能な妥当性の高い課題を作成すべきであろう。

今回の調査は、選択式の課題を用いて、「減点指示」のある群とない群に分けて調査を実施し、分析を行った。その結果、日本の中学生においては、二つの回答指示群間で課題の「内容」は全く同じであるにも関わらず、10課題全てにおいて、「減点指示あり」群の正答率は「減点指示なし」群の正答率を下回った。中国の生徒には、こうした回答指示群間での正答率の違いは見られなかった。脇元(1992)は、一つの電池と負荷の単回路において、負荷が豆電球の場合とモーターの場合とで、子どもたちの応答傾向が異なることを報告している。本研究で行った調査は、脇元のような課題の「内容」に関わる文脈ではなく、課題の「設定」に関わる文脈を変えたものであり、日本の生徒たちにおいてのみ、彼らの正答率にそうした課題設定の文脈依存性が見られた。本研究の結果より、日本の生徒たちは、せっかく科学的な「正答」がわかっているにもかかわらず、少しリスクのある場面になると、それらを適用できない可能性が高い。そして、自分たちが別の場面で適用しづらいと感じるような知識・理解の学習は、彼らにとって有意味で実感を伴った学びからかけ離れたものとなっていくのではないだろうか。自然の事物や現象の中に論理性やその客観性を追究してきた学問領域としての科学は、元来、「答えのない」リスクの高い場面においてこそ、その真価を発揮するはずである。日本では、現在、「生きる力」のような実践的な資質・能力が教育目標として掲げられている。今後、日本の中学生に対する理科教育のあり方を考えて行く際、単なる「もの知り」を増やすのではなく、自信を伴った実践的な科学理解をどのように育成するかがその基本的な課題になると思われる。

【謝辞】

本研究を行うにあたって、調査課題の翻訳について遼寧師範大学からの留学生である陳麗さんに多大なご協力いただきました。深く感謝いたします。

【付記】

本研究の一部は、平成14年度愛媛大学長裁量経費「愛媛大学附属中学校&遼寧師範大学附属中学校における教科・生徒の人間形成に関する国際比較研究」(研究代表者：渡辺弘純)の援助を受けて行ったものである。

【引用・参考文献】

国立教育研究所(2000)小・中学生の算数・数学、理科の成績，東洋館出版社。

熊谷隆至・隅田 学・菊地博明・高橋 進・小池達士 中国と日本の中学生における理科に対する意識，愛媛大学教育学部紀要，印刷中。

Sumida, M. (2002) The reproduction of scientific understanding about pendulum motion in the public, *In Proceedings of International Pendulum Project, The University of New South Wales, Vol. 1*, 251 - 280 .

隅田 学・熊谷隆至・菊地博明・高橋 進・小池達士 中国と日本の中学生における環境問題意識，愛媛大学教育学部紀要，印刷中。

脇元宏治(1992)単純な電気回路に適用される小学校児童の状況依存性，日本理科教育学会研究紀要，32，3，49 - 60。

題名 1： 題名 2 (日本語版：減点指示あり)

(5) 昔、農夫がくさった魚をそばにうめると、トウモロコシがよく育つことを発見しました。植物が成長するのに、くさった魚の何が役立つのですか

- ① エネルギー
- ② 無機物 (ミネラル)
- ③ タンパク質
- ④ 水

(6) 地球の水の循環サイクルのエネルギー源は、次のどれですか。

- ① 風
- ② 太陽の放射
- ③ 地球の放射
- ④ 太陽の引力

(7) 地球の表面が何十億年もの間、どのように変化してきたかをあつとも良く述べているのは、次のどれですか。

- ① 平らな表面が押し上げられて山になり、いたるところに山ができた。
- ② 地球の大部分が海水の高さになるまで、高い山がだんだん浸食されている。
- ③ 高い山が浸食されて平らになり、また押し上げられて新しく山になる。このようなことが何度も繰り返されてきている。
- ④ 高い山と平原が何十億年もの間、ほとんど変化せずにそのままある。

(8) 化石燃料は何からつくられますか。

- ① ウラン
- ② 海水
- ③ 砂や砂利
- ④ 植物や動物の死骸

(9) 空気は多くの気体からできています。空気の成分の中で、最も量の多い気体はどれですか。

- ① 窒素
- ② 酸素
- ③ 二酸化炭素
- ④ 水素

(10) 地球上ではなぜ昼と夜があるのかを説明しているのは、次のどの文ですか。

- ① 地球がその軸を中心に回っているから
- ② 太陽がその軸を中心に回っているから
- ③ 地球の軸が傾いているから
- ④ 地球が太陽のまわりを回っているから

6. 次の (1) ~ (10) の各問について、それぞれ正しい答えを選んで、その記号 (①, ②など) に○を付けてください。(ここは各問 10 点の 10 点満点です。解答の場合は 1 問につき 10 点の減点になります。例えば全問解答の場合は -100 点です。ただし無回答は減点ではありませんから、わからない問題や自信がない問題は回答しなくてもかまいません。)

(1) 下の図は、地上に落下しているリングを示しています。三つの位置のうち、次のどの位置のリングに重力が働いていますか。

- ① 位置 2 だけ
- ② 位置 1 と 2 だけ
- ③ 位置 1 と 3 だけ
- ④ 位置 1, 2, 3

(2) 熱い湯の中に投入しておくと、ガラスびんにはめた金属のかたいふたが、ゆるくなります。これは、熱い湯が次のどののはたらきをするからですか。

- ① ガラスびんを収縮させるため
- ② 金属のふたを収縮させるため
- ③ 金属のふたよりもガラスびんの方を膨張させるため
- ④ ガラスびんよりも金属のふたの方を膨張させるため

(3) 次のうち、化学変化の例はどれですか。

- ① 氷がとけること
- ② 塩の結晶がくだけて粉になること
- ③ 木が燃えること
- ④ 水たまりから水が蒸発すること

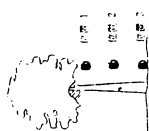
(4) 寒い日に鳥はいつも動きまわったり、たくさんのお腹を食べたりしているのに、へビはいつもほとんど動かず、ほとんど何も食べません。このことを説明している文は、次のどれですか。

- ① 両方の動物とも変温動物であるが、体をあたたく保つ羽毛がないのでへビは冷たくなり動けなくなる。
- ② 鳥とは違って、へビは恒温動物であり、寒い季節の間は冬眠しなければならぬ。
- ③ へビと違って、鳥は変温動物であり、へビよりも寒さの影響を受けない。
- ④ へビと違って、鳥は恒温動物であり、体温を一定に保つために食物をたらなければならぬ。

题型 2：阅读理解 (中国語发：読解指示あり)

6、关于下面的(1)~(10)的各个问题，请你选出正确答案，并在标号上画圈。(一个问题 10 分，满分为 100 分。答错的话，一个问题减 10 分。例如，全答错的话，就是一 100 分。但是不回答不减分，所以不懂或没有信心的问题可以不回答。)

(1) 下图表示落在地上的苹果。三个位置中，哪个位置的苹果是重力在起作用。



- ① 只有位置 2
- ② 只有位置 1 和 2
- ③ 只有位置 1 和 3
- ④ 位置 1、2、3

(2) 一放进热水中，盖在玻璃瓶上的金属盖就会变形。这是热水起到了下面的什么作用？

- ① 让玻璃瓶收缩
- ② 让金属盖收缩
- ③ 让玻璃瓶比金属盖膨胀
- ④ 让金属盖比玻璃瓶膨胀

(3) 下面属于化学变化的是哪一个？

- ① 冰融化
- ② 结晶的盐粉碎变成粉末
- ③ 木头燃烧
- ④ 水塘中的水蒸发

(4) 冷天，鸟总是不停地活动，吃很多的食物。与此相反，蛇却几乎不动也不吃任何东西。说明这一道理的句子是哪一个？

- ① 两种动物都是变温动物。但是因为蛇没有保持体温的羽毛，所以冷，不能动。
- ② 和鸟不同，蛇是恒温动物。在寒冷季节必须冬眠。
- ③ 和蛇不同，鸟是变温动物。不受寒冷的影响。
- ④ 和蛇不同，鸟是恒温动物。为了保持一定的体温，必须摄取食物。

(5) 以前，农夫把腐烂的鱼埋在附近，发现玉米长的非常好。腐烂的鱼对植物的成长起到了什么作用？

- ① 能量
- ② 无机物
- ③ 蛋白质
- ④ 水

(6) 地球上水的循环再利用的能源是什么？

- ① 风
- ② 太阳的热量
- ③ 地球的热量
- ④ 太阳的引力

(7) 地球的表面在几十亿年间，发生了怎样的变化？下面表述最正确的是哪一个？

- ① 平滑的表面抬升，变成了山，到处形成了山。
- ② 地球的大部分达到了海平面的高度，高山渐渐被侵蚀。
- ③ 高山被侵蚀，变成平地，平地又抬升，形成新的高山。这样不断的反复。
- ④ 高山和平原在几十亿年间，没什么变化，依然如故。

(8) 化石燃料是由什么构成的？

- ① 轴
- ② 海水
- ③ 沙子和碎石子
- ④ 植物和动物的尸体

(9) 空气是由多种气体构成的，在各种成分中，所占比例最多的是哪一个？

- ① 一氧化碳
- ② 氧气
- ③ 二氧化碳
- ④ 氮气

(10) 解释地球上白天和黑夜这一现象的是哪一个？

- ① 因为地球以地轴为中心旋转
- ② 因为太阳以太阳的轴为中心旋转
- ③ 因为地轴是倾斜的
- ④ 因为地球在太阳的周围旋转